

SULIT

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2017/2018 Academic Session

May/June 2018

ESA382/3 – Spacecraft Subsystem Design
[Rekabentuk Subsistem Kapal Angkasa]Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

Please check that this paper contains **TWELVE (12)** printed pages and **FIVE (5)** questions before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **DUABELAS (12)** mukasurat bercetak dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan].*

Instructions : Answer **FIVE (5)** questions.

[Arahan : Jawab **LIMA (5)** soalan].

You may answer all questions in **English** OR **Bahasa Malaysia** OR a combination of both.

*[Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** ATAU **Bahasa Inggeris** ATAU kombinasi kedua-duanya].*

Answer to each question must begin from a new page.

[Jawapan untuk setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru].

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai].

1. [a] In designing a power system for a satellite, one should understand the Concept Operation (Con Op) of the mission. Briefly describe how the Con Op influences the Power budget and define the meaning of On-orbit Power average.

(5 marks)

- [b] A 1U CubeSat Satellite has Power budget as shown in **Table 1[b]**. The satellite will orbit Earth at 450km altitude for one year mission lifetime. During eclipse period, the satellite will function similar to the nominal phase. Estimate the size of a solar panel considering GaAs solar cells (21.8% efficiency) with sun incident angle at 30 deg and inherent degradation $I_d = 0.75$. Please mention your assumptions when sizing this solar array. (DET : $X_e = 0.65$ $X_d = 0.85$, PPT : $X_e = 0.60$ $X_d = 0.80$, degradation for GaAs = 2.75% per year).

Subsystem	Component	Power (mW)	Acquisitions	Deployment	Nominal/Rx	Tx	Emergency	Deorbit
			PC	PC	PC	PC	PC	PC
Payload	TeNeP	900	0	0	900	0	0	0
Comm.	Tx UHF	1500	0	0	0	1500	0	1500
	Rx VHF	336	0	0	336	0	0	0
Power	Subsystem	115	115	115	115	115	115	115
	Distribution	100	100	100	100	100	100	100
OBDH	Computer	132	132	132	132	132	132	132
Mechanism	Antenna	130	0	130	0	0	0	0
Total Loads (mW)			350	477	1643	1847	347	1847
Safety Factor			20%					
Actual Power Consumed (mW)			430	596	2054	2309	434	2309

Table 1[b]: Power system budget

(10 marks)

- [c] This spacecraft is mounting a set of Lithium Ion batteries. Describe what Depth of Discharge (DOD) is and size the total capacity of 2 unit batteries where efficiency of 0.90 is considered for this mission (see **Figure 1[c]** for DOD).

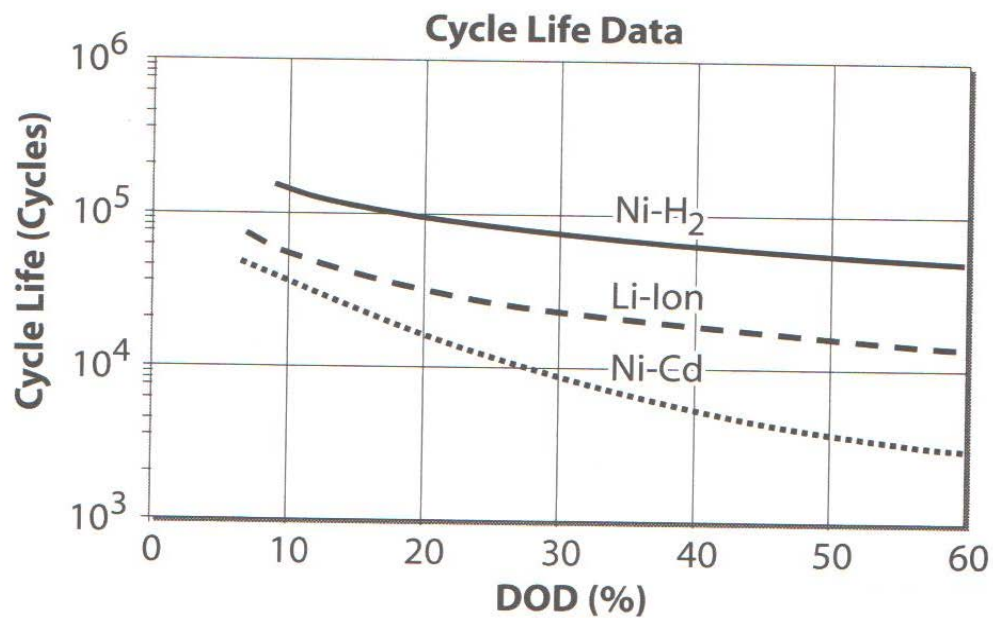


Figure 1[c]: Cycle life data

(5 marks)

2. [a] Explain the constraints due to the launcher vehicle for the structure design.

(5 marks)

- [b] You are part of structure team for satellite project as shown in **Figure 2[b]**. To accommodate the subsystem and payload within the available 0.30m x 0.30m x 0.30m volumes, the satellite primary structure will be composed of 0.30m x 0.30m, 4 mm thick aluminum honeycomb panels connected by a 0.3 m long, 0.15m outside diameter cylindrical trust tube that will carry a primary payload. Four 316 Stainless steel bolts ($F_{cy} = 240\text{MPa}$) will hold the spacecraft to the launch vehicle. The Falcon launch vehicle will impart peak acceleration of 20g's lateral load during ascent. Assume the spacecraft will have a total mass at the maximum value of 15 kg, and during peak acceleration, 2 of 4 attachment bolt will experience the total tensile load.

- (i) Find the maximum launch load

(3 marks)

- (ii) Designers are proposing to use 10-mm diameter bolts for the job. Find the design loads and determine if these bolts will be sufficient to provide a safety factor of 10.

(12 marks)

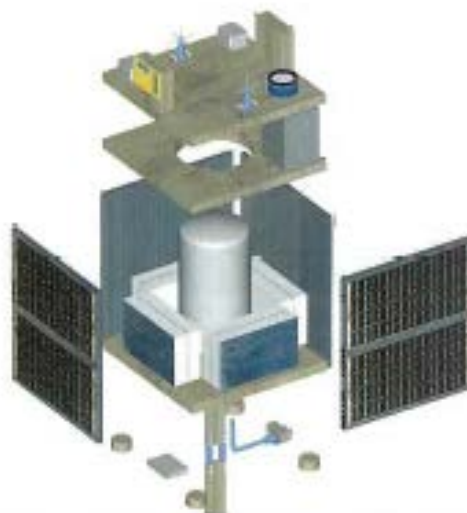


Figure 2[b] : Exploded view of satellite

3. [a] The design of TT&C subsystem will frequently drive by how the system must support the spacecraft during emergencies. Discuss the possible design approach for TT&C subsystem so that it still working in emergencies event.

(5 marks)

- [b] A satellite at 700 km has to transmit telemetry to the Earth. The ground station has a parabolic antenna with a diameter of 10m. The link frequency is 3GHz, and power allocation for the system is 50 Watt. The data rate is 7.0×10^5 bits. The required E_b/N_0 is 14 dB, including margin. If line losses are -1dB, the system noise temperature $T_s=552K$ and the propagation losses $L_a=-1.0dB$, and antenna efficiency is 0.65, what is the size of the antenna?

You may assume:

$$\text{Boltzmann's constant} = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

(15 marks)

4. [a] A new remote sensing mission will use advanced 2048 x 2048 pixel CCD arrays. Mission data users would like to capture images every 15 seconds along with its 90 min polar orbit and downlink all of them for ground analysis through a single ground station. If 10 bits per pixel are needed to encode the spectral data, and the passing time at the ground station is 12 min, what is the required data rate to return one orbit's worth of data?

(8 marks)

- [b] Designers are looking at the data handling subsystem for two different spacecraft. One will orbit Pluto to take a high-resolution photograph of this cold, mysterious planet and transmit them at a low data rate to the operations center on Earth. The other will be in low-Earth Orbit to detect a forest fire and transmit their locations to ground stations. Discuss the trade-offs in complexity for On-Board Data Handling for each of these spacecraft.

(12 marks)

5. [a] List the key elements of any propulsion subsystem and describe how they relate to each other.

(5 marks)

- [b] Explain the operating principle for nuclear-thermal rockets and discuss the technical and political issues of the usage of this rocket.

(5 marks)

- [c] Discuss future applications of the electrostatic and electrodynamic rocket on interplanetary, communication, and remote sensing mission. What are advantages and disadvantages of this system versus chemical propulsion option?

(10 marks)

1. [a] Dalam merekabentuk sistem kuasa untuk satelit, seseorang harus memahami Konsep Operasi (Con Op) misi tersebut. Terangkan secara ringkas bagaimana Konsep operasi ini mempengaruhi anggaran kuasa dan tentukan maksud Purata Kuasa di orbit.

(5 markah)

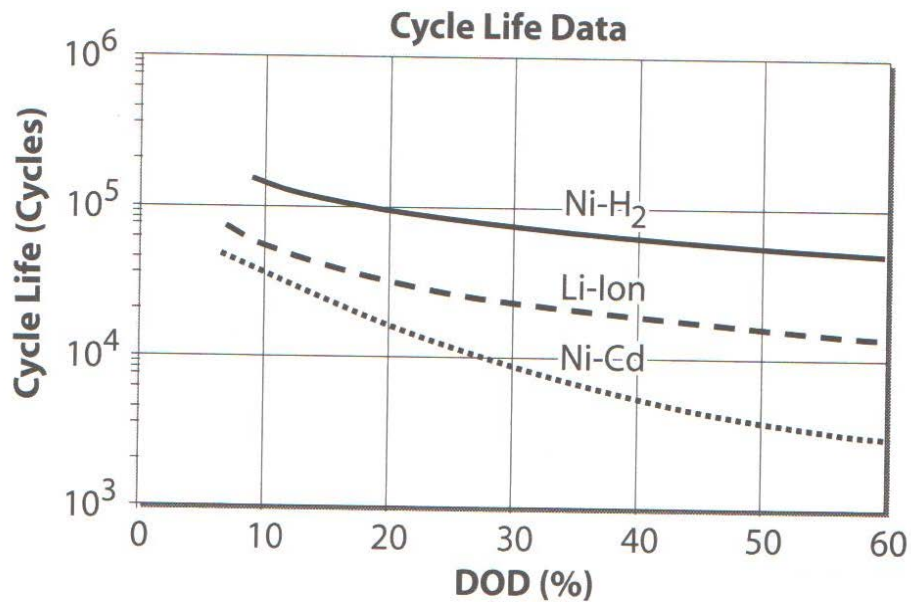
- [b] 1U CubeSat Satellite mempunyai anggaran kuasa seperti ditunjukkan dalam **Jadual 1[b]**. Satelit akan mengorbit Bumi pada ketinggian 450km untuk jangka hayat misi selama setahun. Semasa tempoh gerhana, satelit akan berfungsi sama seperti fasa nominal. Anggarkan saiz panel solar dengan mengambilkira sel solar GaAs (kecekapan 21.8%) dengan sudut insiden matahari pada 30 darjah dan degradasi yang wujud, $I_d = 0.75$. Sila nyatakan anggapan anda apabila membuat saiz solar ini. (DET: $X_e = 0.65$ $X_d = 0.85$, PPT: $X_e = 0.60$ $X_d = 0.80$, degradasi untuk GaA = 2.75% setahun).

Subsystem	Component	Power (mW)	Acquisitions	Deployment	Nominal/Rx	Tx	Emergency	Deorbit
			PC	PC	PC	PC	PC	PC
Payload	TeNeP	900	0	0	900	0	0	0
Comm.	Tx UHF	1500	0	0	0	1500	0	1500
	Rx VHF	336	0	0	336	0	0	0
Power	Subsystem	115	115	115	115	115	115	115
	Distribution	100	100	100	100	100	100	100
OBDDH	Computer	132	132	132	132	132	132	132
Mechanism	Antenna	130	0	130	0	0	0	0
Total Loads (mW)			350	477	1643	1847	347	1847
Safety Factor					20%			
Actual Power Consumed (mW)			430	596	2054	2309	434	2309

Jadual 1[b]: Anggaran sistem kuasa

(10 markah)

- [c] Kapal angkasa ini memasang set bateri Lithium Ion. Terangkan apa yang dimaksudkan dengan kedalaman pelepasan (DOD) dan kirakan jumlah kapasiti 2 unit bateri yang mana kecekapannya adalah 0.90 (lihat **Rajah 1[c]** untuk DOD).



Rajah 1[c]: Data kitaran hidup

(5 markah)

2. [a] Terangkan sekatan terhadap rekabentuk struktur yang disebabkan oleh kenderaan pelancar .

(5 markah)

[b] Anda adalah sebahagian daripada pasukan rekabentuk struktur untuk projek satelit seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 2[b]**. Untuk menampung subsistem dan muatan dalam $0.30\text{m} \times 0.30\text{m} \times 0.30$ isipadu yang ada, struktur utama satelit akan terdiri daripada $0.30\text{m} \times 0.30\text{m}$, berpanel indung madu yang mempunyai ketebalan 4mm dan bersambung dengan 0.3m panjang tiub tujahan silinder yang berdiameter luar sebanyak 0.15m yang akan membawa muatan utama. Empat 316 bolt keluli tahan karat ($F_{cy} = 240\text{MPa}$) akan memegang kapal angkasa ke kenderaan pelancaran. Kenderaan pelancaran Falcon akan memberikan pecutan puncak 20g beban lateral pada saat pendakian. Anggapkan kapal angkasa akan mempunyai jumlah berat maksimum 15 kg, dan semasa pecutan puncak, 2 dari 4 bolt akan mengalami beban tegangan total.

- (i) Cari beban maksimum pelancaran

(3 markah)

- (ii) *Perekabentuk struktur mencadangkan agar menggunakan bolt berdiameter 10 mm. Cari beban rekabentuk and tentukan sama ada bolt-bolt vini mencukupi untuk memberikan faktor keselamatan sebanyak 10.*



Rajah 2[b] : Pandangan terungkai satelit

(12 markah)

3. [a] *Bagaimana sebuah sistem perlu disokong ketika kecemasan kebiasaannya menentukan rekabentuk subsistem komunikasi, telementri dan arahan. Bincangkan pendekatan rekabentuk yang mungkin untuk subsistem ini masih berfungsi dalam kecemasan.*

(5 markah)

- [b] *Sebuah satelit di altitude 700km perlu menghantar telemetri ke bumi. Stesen bumi mempunyai antenna parabola berdiameter 10 m. Frekuensi hubung adalah 3GHz dan kuasa untuk sistem ini adalah 50 watt. Kadar data adalah 7.0×10^5 bits. E_b/N_0 yang diperlukan ialah 14 dB, termasuk margin. Jika kehilangan talian ialah -1 dB, suhu hingar sistem $T_s=552K$ dan kehilangan perambatan, $L_a= -1.0dB$, kecekapan antenna adalah 0.65 kirakan saiz antenna di atas kapal angkasa.*

Anda boleh andaikan:

$$\text{Pemalar Boltzmann} = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

(15 markah)

4. [a] *Sebuah misi penderiaan jauh yang baru akan menggunakan susunan CCD termaju 2048 x 2048 pixel. Pengguna data misi akan mengambil imej setiap 15 saat selama berada dalam 90 mins dan akan memaut turunkan kesemua data untuk analisis tanah melalui sebuah stesen bumi. Jika 10 bits per pixel diperlukan untuk mengkod data spektrum, dan masa untuk melalui stesen bumi adalah 12 minit, berapakah kadar data yang diperlukan untuk menghantar data satu orbit?*

(8 markah)

[b] *Pereka melihat subsistem pengendalian data untuk dua buah kapal angkasa yang berbeza. Satu kapal angkasa akan mengorbit Pluto untuk mengambil gambar beresolusi tinggi planet yang sejuk dan misteri ini dan menghantar data tersebut pada kadar data yang rendah ke pusat operasi di bumi. Kapal angkasa yang lain akan berada di orbit altitud rendah untuk mengesan pembakaran hutan. Bincangkan tukar-ganti dalam kompleksiti untuk Pengendali data di atas kedua-dua kapal angkasa.*

(12 markah)

5. [a] *Senaraikan elemen utama dalam sebarang sub-sistem tujahan dan tunjukkan bagaimana setiap elemen itu berkait antara satu sama lain*

(5 markah)

[b] *Terangkan prinsip operasi untuk nuklear-terma roket dan bincangkan isu teknikal dan politik atas penggunaannya.*

(5 markah)

[c] *Bincangkan aplikasi masa hadapan untuk roket elektrostatik dan elektrodinamik dalam misi antara planet, komunikasi dan penderiaan jauh. Apakah kebaikan dan keburukan penggunaan sistem ini berbanding roket tujahan kimia.*

(10 markah)

-000000000-